

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 072 796 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
31.01.2001 Patentblatt 2001/05

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: F04C 18/16, F04C 29/10

(21) Anmeldenummer: 00115787.4

(22) Anmeldetag: 21.07.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 26.07.1999 DE 19935041

(71) Anmelder:  
Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH  
71065 Sindelfingen (DE)

(72) Erfinder:  
• Krusche, Karl-Joachim  
71065 Sindelfingen (DE)  
• Hossner, Klaus  
71299 Wimsheim (DE)  
• Sandkötter, Wolfgang  
71083 Herrenberg (DE)

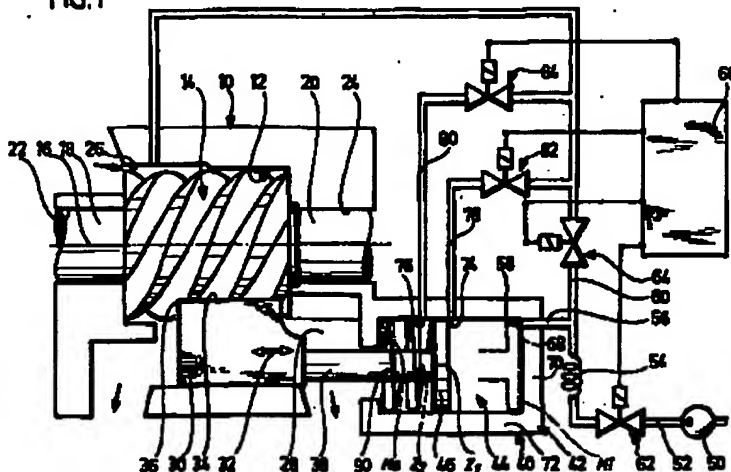
(74) Vertreter:  
Hoeger, Stellrecht & Partner  
Uhlandstrasse 14 c  
70182 Stuttgart (DE)

### (54) Schraubenverdichter

(57) Um einen Schraubenverdichter umfassend ein Gehäuse mit einer Läuferkammer, zwei in der Läuferkammer angeordnete Schraubenläufer, einen an die Läuferkammer angrenzenden Schleier zur Leistungssteuerung, eine Stellerinrichtung, umfassend einen Zylinder sowie eine zugeordnete Steuereinrichtung mit welcher in einem stufenlosen Steuermodus ein Zufluß und ein Rückfluß des zum Betätigen des Zylinders vorgesehenen Mediums steuerbar ist, derart zu verbessern daß die Steuereinrichtung zuverlässig arbeitet, wird vorgeschlagen, daß die Zylinderkammer eine

Rückflußöffnung und eine Zwischenrückflußöffnung aufweist, und daß die Steuereinrichtung in dem Steuermodus zur stufenlosen Steuerung in einem Teilsteuerbereich zwischen einer Zwischenstellung und einer Minimalstellung die Rückflußöffnung aktiviert und zur stufenlosen Steuerung von Kolbenstellungen außerhalb des Teilsteuerbereichs die die Zwischenstellung festlegende entsprechende Zwischenrückflußöffnung aktiviert.

FIG.1



EP 1 072 796 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schraubenverdichter umfassend ein Gehäuse mit einer Läuferkammer, zwei in der Läuferkammer angeordnete Schraubenläufer, welche in dem Gehäuse um ihre jeweiligen Drehachsen drehbar gelagert sind und welche miteinander kämmend antreibbar sind, um ein zu verdichtendes Medium von einem Sauggas einlaß des Gehäuses zu einem Druckgasauslaß des Gehäuses zu fördern und dabei zu verdichten, einen in Richtung der Läuferachsen bewegbaren und an die Läuferkammer angrenzenden Schieber zur Leistungssteuerung über die wirksame Länge der Schraubenläufer, eine Stelleinrichtung, umfassend einen durch ein Medium druckbeaufschlagten Zylinder, gebildet durch eine Zylinderkammer und einen mit dem Schieber gekoppelten Kolben, sowie eine dem Zylinder zugeordnete Steuereinrichtung, mit welcher in einem stufenlosen Steuermodus ein Zufluß und ein Rückfluß des zum Betätigen des Kolbens vorgesehenen Mediums steuerbar ist.

[0002] Derartige Schraubenverdichter sind aus dem Stand der Technik bekannt. Bei diesen ist bei einem stufenlosen Steuermodus zur Steuerung der Stelleinrichtung eine Versorgungsleitung für den Druckzylinder vorgesehen, über welche entweder durch Zufluß des den Kolben betätigenden Mediums oder Rückfluß des den Kolben betätigenden Mediums der Kolben in alle denkbaren Stellungen bewegbar ist.

[0003] Damit die Steuereinrichtung eines derartigen Schraubenverdichters zuverlässig arbeitet, ist es jedoch erforderlich, die Position des Kolbens der Steuereinrichtung erkennen zu können, um den Schraubenverdichter in den gemischten Steuerbereichen zuverlässig betreiben zu können.

[0004] Aus dem Grund ist bei einem aus dem Stand der Technik bekannten Schraubenverdichter eine Positionserkennung für den Kolben und/oder den Schieber erforderlich, die aufwendig ist. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Schraubenverdichter der gattungsgemäßen Art derart zu verbessern, daß bei konstruktiv möglichst einfachem Aufbau die Steuereinrichtung zuverlässig arbeitet.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einem Schraubenverdichter der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Zylinderkammer eine Minimalstellung festlegende Rückflußöffnung aufweist, bei deren Aktivierung der Kolben aus jeder Stellung zwischen der Maximalstellung und der Minimalstellung zur Minimalstellung zurückfahbar ist, daß die Zylinderkammer eine mindestens eine Zwischenstellung festlegende Zwischenrückflußöffnung aufweist, bei deren Aktivierung der Kolben bis zu dieser Zwischenstellung verfahrbar ist, daß die Steuereinrichtung in dem Steuermodus zur stufenlosen Steuerung der Kolbenstellung in einem Teilsteuerbereich zwischen der Zwischenstellung und der Minimalstellung die Rück-

flußöffnung aktiviert und daß die Steuereinrichtung zur stufenlosen Steuerung von Kolbenstellungen außerhalb des Teilsteuerbereichs zwischen der Zwischenstellung und der Minimalstellung die entsprechende Zwischenrückflußöffnung aktiviert.

[0006] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist somit darin zu sehen, daß die Möglichkeit besteht, durch Festlegen des Rückflusses des den Kolben betätigenden Mediums über die Zwischenrückflußöffnung den Kolben lediglich in einem gewünschten Teilsteuerbereich zu betreiben und somit auch für die Steuereinrichtung eine zuverlässige Information dahingehend zur Verfügung zu stellen, daß unerwünschte Teilsteuerbereiche, beispielsweise der Teilsteuerbereich zwischen der Zwischenstellung und der Minimalstellung, für die stufenlose Steuerung des Kolbens ausgeschlossen werden können.

[0007] Damit besteht die Möglichkeit, daß eine Positionsüberwachung des Kolbens und/oder des Schiebers, entfallen kann und trotzdem die Steuereinrichtung mit der erforderlichen Zuverlässigkeit steuert, wobei die Steuerzustände entweder direkt durch die Art der Ansteuerung oder durch Erfassen der Art der Ansteuerung erkennbar sind.

[0008] Prinzipiell ist die erfindungsgemäße Lösung mit einer einzigen Zwischenrückflußöffnung voll funktionsfähig.

[0009] Besonders günstig ist es jedoch, wenn der Zylinderkammer mehrere jeweils andere Teilsteuerbereiche festlegende Zwischenrückflußöffnungen zugeordnet sind, und wenn die Steuereinrichtung die minimal zulässige Stellung des Kolbens in den jeweiligen Teilsteuerbereich durch die jeweils aktivierte Zwischenrückflußöffnung festlegt.

[0010] Das heißt, daß bei dieser Lösung die Möglichkeit besteht, mehrere Teilsteuerbereiche mit jeweils minimal zulässiger Stellung des Kolbens durch Aktivierung unterschiedlicher Zwischenrückflußöffnungen festzulegen.

[0011] Ein besonders vorteilhafter Steuermodus sieht vor, daß die Steuereinrichtung den Kolben dadurch ausschließlich in außerhalb des Teilsteuerbereichs zwischen der Zwischenstellung und der Minimalstellung liegenden Teilsteuerbereichen betreibt, daß die Steuereinrichtung nur die entsprechende Zwischenrückflußöffnung und nicht zusätzlich die Rückflußöffnung zur Steuerung aktiviert, so daß bereits konstruktionsbedingt die Möglichkeit besteht, den unerwünschten Teilsteuerbereich, beispielsweise den zwischen der Zwischenstellung und der Minimalstellung liegenden Teilsteuerbereich, auszuschließen.

[0012] Um eine exakte stufenlose Steuerung vornehmen zu können, ist es erforderlich, daß die Steuereinrichtung die Stellung des Kolbens erkennt. Aus diesem Grund ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Steuereinrichtung die Stellung des Kolbens ausgehend von der der aktivierten Zwischenrückflußöffnung entsprechenden Zwischenstellung als Referenzposition

ermittelt und somit in der Lage ist, ausgehend von dieser Referenzposition, beispielsweise durch Integration der Zuflußzeiten und Rückflußzeiten, die Position des Kolbens zumindest näherungsweise zu ermitteln, wobei eine exakte Neuerfassung der Stellung des Kolbens stets dann möglich ist, wenn dieser wieder zur jeweiligen Zwischenstellung zurückgefahren ist, zu welcher dann ausgehend wieder erneut die Stellung des Kolbens ermittelt werden kann.

**[0013]** Um die Rückflußöffnung und die Zwischenrückflußöffnungen durch die Steuereinrichtung aktivieren zu können, wären beispielsweise komplexe Ventile denkbar. Eine einfache Möglichkeit sieht vor, daß jeder der Rückflußöffnungen und Zwischenrückflußöffnungen ein von der Steuereinrichtung steuerbares Ventil zugeordnet ist.

**[0014]** Die Ventile könnten beispielsweise so ausgebildet sein, daß mit diesen auch eine Mengensteuerung möglich ist. Um die Steuereinrichtung jedoch besonders einfach gestalten zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß jedes Ventil ein nur zwischen einer Durchflußstellung und einer Sperrstellung schaltbares Ventil ist und somit nur zwei Schaltzustände aufweist.

**[0015]** Hinsichtlich der konstruktiven Ausbildung der Stelleinrichtung, insbesondere zum Erreichen der Minimalstellung sind die unterschiedlichsten Varianten denkbar. So wäre es beispielsweise denkbar, den Kolben zweiseitig mit einem Medium zu beaufschlagen, wobei das eine Medium die Kraft zum Bewegen des Kolbens von der Minimalstellung in der Maximalstellung erzeugt und das andere Medium die Rückstellkraft zum Zurückbewegen des Kolbens in Richtung der Minimalstellung bei Aktivierung der Rückflußöffnungen oder Zwischenrückflußöffnungen erzeugt.

**[0016]** Konstruktiv ist es jedoch besonders einfach, wenn der Kolben in Richtung seiner Minimalstellung durch einen elastischen Kraftspeicher, beispielsweise eine Feder beaufschlagt ist, welcher stets dafür sorgt, daß der Kolben bei Aktivieren mindestens einer Rückflußöffnung oder Zwischenrückflußöffnung sich in Richtung der Minimalstellung bewegt, sofern diese Rückflußöffnung oder Zwischenrückflußöffnung noch in das zwischen Kolben und Zylinderkammer eingeschlossene Zylindervolumen mündet.

**[0017]** Hinsichtlich der Kopplung zwischen dem Kolben und dem Schieber wäre es beispielsweise noch denkbar, eine mechanische Übersetzung oder eine flexible Kopplung vorzusehen. Besonders einfach ist es jedoch, wenn der Schieber über eine Betätigungssteuer mit dem Kolben verbunden ist.

**[0018]** Vorzugsweise ist dabei der Schieber mit dem Kolben starr verbunden.

**[0019]** Die erfindungsgemäße Lösung betrifft jedoch nicht nur einen Betrieb des erfindungsgemäßen Schraubenverdichters in einem stufenlosen Steuermodus.

**[0020]** Alternativ oder ergänzend ist dabei zur

Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe um einen Schraubenverdichter umfassend ein Gehäuse und eine Läuferkammer, zwei in der Läuferkammer angeordnete Schraubenläufer, welche in dem Gehäuse um ihre jeweiligen Drehachsen drehbar gelagert sind und welche miteinander kämmend antreibbar sind, um ein zu verdichtendes Medium von einem Sauggaseinlaß des Gehäuses zu einem Druckgaseinlaß des Gehäuses zu fördern und zu verdichten, einen in Richtung der Läuferachse bewegbaren und an die Läuferkammer angrenzenden Schieber zur Leistungssteuerung über die wirksame Länge der Schraubenläufer, eine Stelleinrichtung, umfassend einen durch ein Medium druckbeaufschlagten Zylinder, gebildet durch eine Zylinderkammer und einen mit dem Schieber gekoppelten Kolben, sowie eine dem Zylinder zugeordnete Steuereinrichtung, mit welcher in einem stufenlosen Steuermodus ein Zufluß und ein Rückfluß des zum Betätigen des Kolbens vorgesehenen Mediums steuerbar ist, erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Zylinderkammer eine eine Minimalstellung festlegende Rückflußöffnung aufweist; bei deren Aktivierung der Kolben in die Minimalstellung verfahrbar ist, daß die Zylinderkammer eine mindestens eine Zwischenstellung festlegende Zwischenrückflußöffnung aufweist, bei deren Aktivierung der Kolben bis zu dieser Zwischenstellung verfahrbar ist und daß die Steuereinrichtung in dem stufenweisen Steuermodus bei zeitlich gemittelt ungefähr konstantem Zufluß nur die Rückflußöffnung oder eine der Zwischenrückflußöffnungen aktiviert.

**[0021]** Der Vorteil dieser Lösung ist darin zu sehen, daß damit aufgrund der gleichen konstruktiven Basis ohne Umbaumaßnahmen die Möglichkeit besteht, den erfindungsgemäßen Schraubenverdichter im stufenweisen Steuermodus zu betreiben.

**[0022]** Erfindungsgemäß ist dabei der durch Aktivierung der Rückflußöffnung oder der Zwischenrückflußöffnung mögliche Rückfluß des den Kolben beaufschlagenden Mediums stets größer als der Zufluß, durch den der Kolben in Richtung der Minimalstellung bewegbar ist.

**[0023]** Besonders günstig ist es dabei, wenn die Steuereinrichtung in dem stufenweisen Steuermodus den Zufluß getaktet aktiviert, da dadurch insbesondere das Zurücklaufen des Kolbens vorteilhaft eingeleitet wird, da Zeiten zur Verfügung stehen, in welchen kein Zufluß des den Kolben beaufschlagenden Mediums erfolgt und somit der Rückfluß und die Zurückbewegung des Kolbens in Richtung der Minimalstellung in vorteilhafter Weise einsetzen können. Somit wird das Ansprechverhalten der Leistungssteuerung verbessert.

**[0024]** Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Steuereinrichtung den Zufluß in einem festlegbaren Takt aktiviert.

**[0025]** Ferner ist es von Vorteil, wenn die Steuereinrichtung den Zufluß in dem festen Takt für eine festgelegte Zeitdauer aktiviert, wobei der festlegbare Takt und die festlegbare Zeitdauer nicht über die gesamten

Betriebszeiten des Schraubenverdichters auf dieselben Werte festgelegt sein müssen, sondern entsprechend sich ändernden Umständen, beispielsweise sich ändernder Betriebstemperatur, neu eingestellt werden können, um beispielsweise bei Öl als Medium zum Beaufschlagen des Kolbens eine Anpassung an die Viskosität desselben vorzunehmen.

[0026] Vorzugsweise erfolgt auch in dem stufenlosen Steuermodus ein Takten des Zuflusses und insbesondere auch ein Takten des Rückflusses.

[0027] Weitere Merkmale und Vorteile sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung eines Ausführungsbeispiels.

[0028] Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Schraubenverdichters mit einem schematischen Längsschnitt durch ein Gehäuse desselben.

[0029] Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Schraubenverdichters, dargestellt in Fig. 1, umfaßt ein als Ganzes mit 10 bezeichnetes Gehäuse, welches eine Läuferkammer 12 bildet, in der zwei parallel zueinander ausgerichtete und miteinander kämmende Schraubenläufer 14 um ihre jeweiligen Drehachsen 16 drehbar gelagert sind, wobei die Lagerung der Schraubenläufer 14 vorzugsweise durch beiderseits derselben angeordnete Wellenstummel 18 und 20 in im Gehäuse 10 vorgesehenen Lagern 22 bzw. 24 erfolgt.

[0030] In dem Gehäuse 10 ist ferner ein saugseitig der Schraubenläufer 14 angeordneter Sauggaseinlaß 28 angeordnet sowie ein druckseitig derselben liegender Druckgasauslaß 28, wobei die Schraubenläufer 14 ein zu verdichtendes Medium vom Saugseinlaß 26 bis zum Druckgasauslaß 28 fördern und dabei verdichten.

[0031] Zur Einstellung der Verdichterleistung ist ein Schieber 30 vorgesehen, welcher in dem Gehäuse 10 in einer Richtung 32 parallel zur Drehachse 16 der Schraubenläufer 14 verschiebbar gelagert ist und ausgehend vom Druckgasseinlaß 28 sich in Richtung des Sauggaseinlasses 26 erstreckt, dabei mit seiner Schieberoberseite 34 an die Schraubenläufer 14 angrenzt und mit einer vorderen Schieberkante 36 den Ort festlegt, ab welchem eine Verdichtung des zu verdichtenden Mediums durch die beiden ineinandergreifenden Schraubenläufer 14 erfolgt.

[0032] Der Schieber 30 ist fest mit einer Betätigungsstange 38 verbunden, mit welcher über eine als Ganzes mit 40 bezeichnete Stelleinrichtung der Schieber 30 in Richtung 32 verstellbar ist.

[0033] Die Stelleinrichtung 40 umfaßt ein Zylindergehäuse 42, welches eine Zylinderkammer 44 umschließt, in der ein Kolben 46 verfahrbar ist, der fest mit der Betätigungsstange 38 verbunden ist, wobei die Betätigungsstange 38 vorzugsweise eine Kolbenstange des Kolbens 46 bildet.

[0034] Dabei ist der Kolben 46 ebenfalls parallel zur Richtung 32 in der Zylinderkammer 44 verfahrbar und

zwar von einer Minimalstellung  $M_i$ , die beispielsweise einer Leistung in der Größenordnung von 25% der Maximalleistung des Verdichters entspricht, bis zu einer Maximalstellung  $M_a$ , welche der Maximalleistung des Verdichters entspricht, und Zwischenstellungen  $Z_1$  und  $Z_2$ , welche nachfolgend noch im einzelnen erläutert werden.

[0035] Dabei entspricht die Minimalstellung  $M_i$  des Kolbens einem minimalen zwischen Zylinderkammer 44 und Kolben 46 eingeschlossenen Zylindervolumen und die Stellung  $M_a$  einem maximal zwischen dem Kolben 46 und der Zylinderkammer 44 eingeschlossenen Zylindervolumen, während die Zwischenstellungen  $Z_1$  und  $Z_2$  Zylindervolumina entsprechen, die zwischen dem minimalen Zylindervolumen und dem maximalen Zylindervolumen liegen.

[0036] Die Stelleinrichtung 40 ist zum Verstellen des Kolbens 46 mit unter Druck stehendem Öl beaufschlagbar, welches beispielsweise durch eine Öldruckpumpe 50 oder ein mit Enddruck des zu verdichtenden Mediums beaufschlagtes Reservoir auf einem für die Beaufschlagung des Kolbens erforderlichen Druck gehalten wird. Von der Öldruckpumpe 50 strömt das Öl durch eine Zufuhrleitung 52 über eine Drossel 54, beispielsweise ausgebildet als Kapillare, zu einer Versorgungsleitung 56, welche mit einer Versorgungsöffnung 58 in die Zylinderkammer 44 mündet. Die Versorgungsleitung 56 ist ferner mit einer Rücklaufleitung 60 verbunden, die zum Sauggaseinlaß 26 des Gehäuses 10 führt.

[0037] Zur Steuerung einzelner Stellungen des Kolbens 46 in der Zylinderkammer 44 ist in der Zulaufleitung 52 ein Zulaufventil 62 vorgesehen und in der Rücklaufleitung 60 ein Rücklaufventil 64, welche beide vorzugsweise elektromagnetisch über eine als Ganzes mit 66 bezeichnete Steuereinrichtung steuerbar sind.

[0038] Zum Verschieben des Kolbens 46 von der Minimalstellung  $M_i$  in eine andere Stellung zwischen der Minimalstellung  $M_i$  und der Maximalstellung  $M_a$  wird das Zulaufventil 62 durch die Steuerung 66 geöffnet, wobei die Öldruckpumpe 50 Öl über die Zufuhrleitung 52, die Versorgungsleitung 56 und die Versorgungsöffnung 58 in die Zylinderkammer 44 pumpt und damit unter Vergrößerung des Zylindervolumens den Kolben 46 beaufschlagt, so lange, bis die gewünschte Stellung des Kolbens 46 erreicht ist. Dann wird das Zulaufventil 62 geschlossen. Damit läßt sich der Schieber 30 vorzugsweise in eine Stellung bewegen, in welcher die Verdichterleistung zwischen dem Minimalwert und dem Maximalwert liegt, wobei der Minimalstellung  $M_i$  des Kolbens 46 vorzugsweise die Stellung minimaler Leistung des Schiebers 30 zugeordnet ist und der Maximalstellung  $M_a$  des Kolbens 46 die Stellung maximaler Leistung des Schiebers 30.

[0039] Zum Verschieben des Kolbens 46 aus einer Stellung zwischen der Minimalstellung  $M_i$  und der Maximalstellung  $M_a$  in Richtung der Minimalstellung  $M_i$  wird das Rücklaufventil 64 von der Steuerung 66 geöffnet, so daß Öl aus dem von der Zylinderkammer 44 und dem

Kolben 46 eingeschlossenen Zylindervolumen über die Rücklaufleitung 60 abströmen kann und dabei vorzugsweise zum Sauggaseinlaß 26 strömt, so daß sich der Kolben 46 so lange in Richtung der Minimalstellung verschiebt, solange das Rücklaufventil 60 von der Steuereinrichtung 66 geöffnet gehalten wird.

[0040] Nach Schließen des Rücklaufventils 64 bleibt der Kolben 46 in der erreichten Stellung stehen.

[0041] Vorzugsweise ist, um sämtliche Stellungen zwischen der Minimalstellung Mi und der Maximalstellung Ma einstellen zu können, die Versorgungsöffnung 58 einem Kolbenboden 68 zugewandt in einem Zylindergehäuseboden 70 des Zylindergehäuses 42 angeordnet.

[0042] Ferner sind in einem Zylindergehäusemantel 72 Zwischenrücklauföffnungen 74 und 76 in unterschiedlichem Abstand von der Minimalstellung Mi des Kolbens 46 angeordnet, die mit Zwischenrücklaufleitungen 78 bzw. 80 verbunden sind, welche ihrerseits in die Rücklaufleitung 60 zwischen dem Rücklaufventil 64 und dem Sauggaseinlaß 26 münden. Jede der Zwischenrücklaufleitungen 78 und 80 ist mit einem Zwischenrücklaufventil 82 bzw. 84 versehen, mit welchem die jeweilige Zwischenrücklaufleitung 78 und 80 verschließbar ist.

[0043] Durch die Lage der Zwischenrücklauföffnungen 74 und 76 im Abstand von der Minimalstellung Mi des Kolbens 46 ist die Lage von diesen zugeordneten Zwischenstellungen Z1 bzw. Z2 des Kolbens 46 festgelegt, wobei bei einem stufenlosen Steuermodus die Zwischenstellungen Z1 und Z2 so liegen, daß der in diesen stehende Kolben 46 vor den Zwischenrücklauföffnungen 74 bzw. 76 steht.

[0044] Durch Ansteuerung der Zwischenrücklaufventile 82 und 84 mittels der Steuereinrichtung 66 besteht nun die Möglichkeit, über die Zwischenrücklauföffnungen 74 oder 76 Öl aus der Zylinderkammer 44 abströmen zu lassen, sofern sich das jeweilige Zylindervolumen bis zu den Zwischenrücklauföffnungen 74 bzw. 76 oder über diese hinaus erstreckt.

[0045] Vorzugsweise liegen die Zwischenstellungen Z1 und Z2 so, daß die Zwischenstellung Z1 einer Stellung des Schiebers 30 entspricht, bei welcher der Schraubenverdichter in einem mittleren Leistungsbereich, das heißt beispielsweise in der Größenordnung von 50% arbeitet. Ferner ist die Zwischenstellung Z2 beispielsweise so definiert, daß diese einer Stellung des Schiebers 30 entspricht, in welcher dieser den Schraubenverdichter mit einer Leistung in der Größenordnung von 70% bis 80% arbeitet.

[0046] Es sind aber auch in erfindungsgemäßer Weise andere Festlegungen der Zwischenstellungen Z1 und Z2 möglich. Ferner ist es erfindungsgemäß auch möglich, noch mehr als zwei Zwischenstellungen Z1 und Z2 vorzusehen.

[0047] Außerdem ist der Kolben 46 oder der Schieber 30 vorzugsweise noch mit einem elastischen Kraftspeicher, das heißt beispielsweise einer Feder 90,

derart beaufschlagt, daß sowohl der Kolben 46 als auch der Schieber 30 die Tendenz haben, das Zylindervolumen zu verkleinern, das heißt ohne Öldruckbeaufschlagung des Zylindervolumens zwischen Kolben 46 und Zylinderkammer 44 in die Minimalstellung Mi des Kolbens 46 und somit die Stellung minimaler Leistung des Schraubenverdichters überzugehen.

[0048] Der erfindungsgemäße Schraubenverdichter läßt sich nun wie folgt in dem stufenlosen Steuermodus betreiben:

[0049] Beim Anfahren des Schraubenverdichters ist aufgrund des elastischen Kraftspeichers 90 der Kolben 46 und einem gegebenenfalls vorausgehenden Öffnen des Rücklaufventils 64 und somit auch der Schieber 30 in der Minimalstellung, das heißt der Schraubenverdichter fährt mit minimaler Leistung an. Soll nun der Schraubenverdichter mit einer höheren Leistung betrieben werden, so wird das Zulaufventil 62 in der Zulaufleitung 52 geöffnet und folglich fördert die Ölpumpe 50 Öl über die Zulaufleitung 52 in die Versorgungsleitung 56 und somit über die Versorgungsöffnung 58 in das von dem Kolben 46 und der Zylinderkammer 44 begrenzte Zylindervolumen, wodurch dieses vergrößert wird und der Kolben 46 sich von der Minimalstellung Mi in Richtung der Maximalstellung bewegt.

[0050] Dieses Steigern der Leistung des Schraubenverdichters kann bis zu einer beliebigen möglichen Stellung des Kolbens 46 erfolgen.

[0051] Wird dabei eine Stellung des Kolbens 46 zwischen der Minimalstellung Mi und der Zwischenstellung Z1 erreicht, so kann durch Sperren des Zulaufventils 62 diese Stellung aufrecht erhalten oder durch Öffnen des Rücklaufventils 64 diese Stellung wieder in Richtung der Minimalstellung Mi verändert werden, wobei die Minimalstellung Mi bei geschlossenem Zulaufventil 62 schnell angefahren werden kann und bei geöffnetem Zulaufventil 62 langsam angefahren werden kann, sofern durch das Rücklaufventil 64 mehr Öl abströmt als durch das Zulaufventil 62 zuströmt.

[0052] Üblicherweise besteht jedoch das Bestreben, Schraubenverdichter in einem oberen Leistungsbereich, das heißt in einem Leistungsbereich oberhalb eines Mindestwerts in der Größenordnung von 50% zu betreiben.

[0053] Aus diesem Grund wird üblicherweise durch Öffnen des Zulaufventils 62 in der Zulaufleitung 52 der Kolben 46 so weit bewegt, daß er die Zwischenstellung Z1 erreicht oder sich über diese hinaus in Richtung der Maximalstellung Ma bewegt.

[0054] Um nun den erfindungsgemäßen Schraubenverdichter in dem oberen Leistungsbereich zu betreiben und dabei sicher sein zu können, daß ohne Überwachung der Stellung des Kolbens 46 und/oder des Schiebers 30 verhindert werden kann, daß diese so weit zurückgefahren werden, daß sie wieder den unteren Leistungsbereich zwischen der Zwischenstellung Z1 und der Minimalstellung erreichen, arbeitet die Steuereinrichtung 66 im oberen Leistungsbereich derge-

steht, daß sie zum Verfahren des Kolbens 46 in Richtung der Maximalstellung Ma das Zulaufventil 62 öffnet und somit über die Zulaufleitung 52 und die Versorgungsleitung 54 Öl in das vom Kolben 46 und der Zylinderkammer 44 eingeschlossene Zylindervolumen eintreten lassen.

[0055] Allerdings wird zum Zurückfahren des Kolbens 46 in Richtung der Minimalstellung nicht das Rücklaufventil 64 geöffnet, sondern das zwischenrücklaufventil 82 in der Zwischenrücklaufleitung 78. Dies hat zur Folge, daß damit der Kolben 46 nur so weit in Richtung der Minimalstellung verfahren kann, bis er die Zwischenstellung Z1 erreicht, in welcher der Kolben 46 vor der Zwischenrücklauföffnung 74 steht und somit bei weiterem Bewegen in Richtung der Minimalstellung die Zwischenrücklauföffnung 74 selbsttätig versperrt und somit auch das Rücklaufen von Öl aus dem Zylindervolumen in die Zwischenrücklaufleitung 78 verhindert.

[0056] Das Verfahren des Kolbens 46 zur Zwischenstellung Z1 kann bei ausschließlichem Öffnen des Zwischenrücklaufventils 82 schnell und bei zusätzlichem Öffnen des Zulaufventils 62 langsam erfolgen, sofern durch das Zwischenrücklaufventil 82 mehr Öl abströmt als durch das Zulaufventil 62 zuströmt.

[0057] Damit ist zwangsläufig sichergestellt, daß der Kolben 46 in Richtung der Minimalstellung nicht über die Zwischenstellung Z1 hinaus bewegt wird. Damit ist auch für die Steuerung 66 ohne Überwachung der Stellung des Kolbens 46 und/oder des Schiebers 30 erkennbar, daß der Kolben 46 in einer Stellung steht, welche mindestens einer Leistung des Verdichters in der Größenordnung von 50% entspricht, jedoch keinesfalls unter diesem Wert liegt. Somit ist lediglich dadurch, daß die Steuereinrichtung 66 nur das Zulaufventil 62 und das Zwischenrücklaufventil 82 betätigt, ein Steuer- oder Regelbereich für den Kolben vorgegeben, der den gewünschten Wert von in der Größenordnung 50% nicht unterschreitet, sondern zwischen der Zwischenstellung Z1 und der Maximalstellung Ma liegt.

[0058] Soll der Steuer- und Regelbereich für den Kolben 46 auf noch höhere Werte eingegrenzt werden, so erfolgt nach Verstellen des Kolbens 46 bis mindestens zur Zwischenstellung Z2 durch die Steuereinrichtung 66 lediglich eine Betätigung des Zulaufventils 62 und des der Zwischenrücklaufleitung 80 zugeordneten Zwischenrücklaufventils 84, so daß der Kolben 46 bei seiner Bewegung in Richtung der Minimalstellung lediglich die Zwischenstellung Z2 erreichen kann, die beispielsweise in der Größenordnung zwischen 70% und 80% der Leistung des Verdichters liegt, und diese Zwischenstellung Z2 wird - in gleicher Weise wie im Zusammenhang mit der Zwischenstellung Z1 beschrieben - bei einer derartigen Betätigung des Zwischenrücklaufventils 84 und das Halten des Rücklaufventils 64 und des Zwischenrücklaufventils 82 in der geschlossenen Stellung aufgrund der konstruktiven Anordnung der Zwischenrücklauföffnung 76 nicht unterschritten, ohne daß hier eine Überwachung der Stellung des Kol-

bens 46 erforderlich ist.

[0059] Die Steuereinrichtung 66 kann bei dem erfindungsgemäßen Schraubenverdichter jedoch nicht nur in dem beschriebenen stufenlosen Steuermodus arbeiten, in welchem letztlich eine stufenlose Positionierung des Kolbens zwischen der Minimalstellung MI und der Maximalstellung Ma möglich ist.

[0060] Alternativ dazu kann die erfindungsgemäße Steuereinrichtung auch in einem stufigen Steuermodus arbeiten, in welchem lediglich die Zwischenstellung Z1, die Zwischenstellung Z2 und die Maximalstellung Ma neben der Minimalstellung MI anfahrbar sind.

[0061] Hierzu wird das Zulaufventil 62 erfindungsgemäß in einem festen Takt für jeweils ein fest definiertes Zeitintervall geöffnet, so daß das unter Druck stehende Öl in das durch den Kolben 46 und die Zylinderkammer 44 umschlossene Zylindervolumen eintritt. Sind sowohl das Rücklaufventil 64 als auch die Zwischenrücklaufventile 82 und 84 geschlossen, so wird dadurch der Kolben 46 bei jedem Zuführen von dem unter Druck stehenden Öl in Richtung der Maximalstellung Ma bewegt, so daß nach einem durch die Zeitintervalle für das Zuführen des Öls festgelegten Gesamtintervall die Maximalstellung Ma erreicht wird.

[0062] Soll dagegen nur die Zwischenstellung Z1 erreicht werden, so wird das Zwischenrücklaufventil 82 geöffnet, was dazu führt, daß dann, wenn der Kolben in der Zwischenstellung Z1 steht, ein geringfügiges Weiterbewegen des Kolbens 46 über die Zwischenstellung Z1 hinaus dazu führt, daß der Kolben Z1 die Zwischenrücklauföffnung 74 freigibt und somit das über die Versorgungsöffnung 48 dem Zylindervolumen zugeführte Öl wiederum über die Zwischenrücklauföffnung 74 und die Zwischenleitung 78 abfließt, so daß sich der Kolben 46 stets geringfügig um die Zwischenstellung Z1 herum bewegt und somit in dieser definiert festgehalten werden kann.

[0063] In gleicher Weise besteht die Möglichkeit, den Kolben 46 auch in der Zwischenstellung Z2 durch Öffnen des Zwischenrücklaufventils 84 und Geschlossenhalten des Rücklaufventils 64 und des Zwischenrücklaufventils 82 festzuhalten.

[0064] Schließlich besteht auch noch die Möglichkeit, die Minimalstellung MI dadurch zu erreichen, daß das Rücklaufventil 64 geöffnet wird und somit mehr Öl aus dem Zylindervolumen abströmen kann, als über das Zulaufventil 62 und die Drossel 54 zufließt.

[0065] Vorzugsweise wird auch beim Abschalten und vor dem Anschalten das Rücklaufventil 64 geöffnet.

[0066] Das Funktionieren des erfindungsgemäßen Schraubenverdichters in dem stufigen oder gestuften Steuermodus setzt voraus, daß stets mindestens genauso viel Öl über die jeweiligen Rücklaufventile 64, 82 und 84 abfließen kann als über das Zulaufventil 62 zufließen kann. Vorzugsweise wird die zufließende Ölmenge so eingestellt werden, daß sie stets geringer ist als die über die Rücklaufventile 64, 82 und 84 bei Aktivierung derselben zurücklaufende Ölmenge.



[0067] Ferner schafft der getaktete Betrieb des Zulaufventils 62 noch die Möglichkeit, durch Änderung der Taktfrequenz oder der jeweils geöffneten Zeitspanne des Zulaufventils 62 die zugeführte Ölmenge zu variieren, beispielsweise bei sich ändernder Öltemperatur oder sich ändernden sonstigen Bedingungen, die sich auf das Strömungsverhalten des Öls, insbesondere beim Durchströmen der Drossel 54 auswirken.

#### Patentansprüche

1. Schraubenverdichter umfassend ein Gehäuse mit einer Läuferkammer, zwei in der Läuferkammer angeordnete Schraubenläufer, welche in dem Gehäuse um ihre jeweiligen Drehachsen gelagert sind und welche miteinander kämmend antreibbar sind, um ein zu verdichtendes Medium von einem SauggasEinlaß des Gehäuses zu einem Druckgasauslaß des Gehäuses zu fördern und dabei zu verdichten, einen in Richtung der Läuferachsen bewegbaren und an die Läuferkammer angrenzenden Schieber zur Leistungssteuerung über die wirksame Länge der Schraubenläufer, eine Steuereinrichtung, umfassend einen durch ein Medium druckbeaufschlagten Zylinder, gebildet durch eine Zylinderkammer und einen mit dem Schieber gekoppelten Kolben, sowie eine dem Zylinder zugeordnete Steuereinrichtung mit welcher in einem stufenlosen Steuermodus ein Zufluß und ein Rückfluß des zum Betätigen des Kolbens vorgesehenen Mediums steuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderkammer (44) eine eine Minimalstellung (Mi) festlegende Rückflußöffnung (58) aufweist, bei deren Aktivierung der Kolben (46) aus jeder Stellung zwischen der Maximalstellung (Ma) und der Minimalstellung (Mi) zur Minimalstellung (Mi) zurückfahbar ist, daß die Zylinderkammer (44) eine mindestens eine Zwischenstellung (Z1, Z2) festlegende Zwischenrückflußöffnung (74, 76) aufweist, bei deren Aktivierung der Kolben (46) bis zu dieser Zwischenstellung (Z1, Z2) verfahrbar ist und daß die Steuereinrichtung (66) in dem Steuermodus zur stufenlosen Steuerung der Kolbenstellungen in einem Teilsteuerbereich zwischen der Zwischenstellung (Z1, Z2) und der Minimalstellung (Mi) die Rückflußöffnung (58) aktiviert und zur stufenlosen Steuerung von Kolbenstellungen außerhalb des Teilsteuerbereichs zwischen der Zwischenstellung (Z1, Z2) und der Minimalstellung (Mi) die entsprechende Zwischenrückflußöffnung (74, 76) aktiviert.
2. Schraubenverdichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderkammer (44) mehrere Zwischenrückflußöffnungen (Z1, Z2) aufweist und daß die Steuereinrichtung (66) die minimal zulässige Stellung des Kolbens (46) in dem jeweiligen Teilsteuerbereich durch die jeweils akti-

vierte Zwischenrückflußöffnung (74, 76) festlegt.

3. Schraubenverdichter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (66) den Kolben (46) dadurch ausschließlic in außerhalb des Teilsteuerbereichs zwischen der Zwischenstellung (Z1, Z2) und der Minimalstellung (Mi) liegenden Teilsteuerbereichen betreibt, daß sie nur die entsprechende Zwischenrückflußöffnung (74, 76) zur Steuerung aktiviert.
4. Schraubenverdichter nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (66) die Stellung des Kolbens (46) ausgehend von der der aktivierten Zwischenrückflußöffnung (74, 76) entsprechenden Zwischenstellung als Referenzposition ermitteln.
5. Schraubenverdichter nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der Rückflußöffnungen und Zwischenrückflußöffnungen (58, 74, 76) ein von der Steuereinrichtung (66) steuerbares Ventil (64, 82, 84) zugeordnet ist.
6. Schraubenverdichter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Ventil (64, 82, 84) ein nur zwischen einer Durchflußstellung und einer Sperrstellung schaltbares Ventil ist.
7. Schraubenverdichter nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben (46) in Richtung seiner Minimalstellung (Mi) durch einen elastischen Kraftspeicher (90) beaufschlagt ist.
8. Schraubenverdichter nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schieber (30) über eine Betätigungsstange (38) mit dem Kolben (46) verbunden ist.
9. Schraubenverdichter nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und/oder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Zylinderkammer (44) eine eine Minimalstellung (Mi) festlegende Rückflußöffnung (58) aufweist, bei deren Aktivierung der Kolben (46) aus jeder Stellung zwischen der Maximalstellung (Ma) und der Minimalstellung (Mi) zur Minimalstellung (Mi) zurückfahbar ist, daß die Zylinderkammer mindestens eine eine Zwischenstellung (Z1, Z2) des Kolbens (46) festlegende Zwischenrückflußöffnung (74, 76) aufweist, bei deren Aktivierung der Kolben bis zu dieser Zwischenstellung verfahrbar ist und daß die Steuereinrichtung (66) in einem stufenlosen Steuermodus bei zeitlich gemittelt ungefähr konstantem Zufluß nur die Rückflußöffnung (58) oder eine der Zwischenrückflußöffnungen (74, 76) akti-

viert.

10. Schraubenverdichter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (66) in dem stufigen Steuermodus den Zufluß getaktet 5 aktiviert.
11. Steuereinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (66) den Zufluß in einem festlegbaren Takt aktiviert. 10
12. Steuereinrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (66) den Zufluß in dem festlegbaren Takt für eine festlegbare Zeitdauer aktiviert. 15

20

25

30

35

40

45

50

55



FIG. 1

